

การพัฒนาแบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบการคายประจุสูง  
สำหรับภารกิจทางทหาร  
DEVELOPMENT OF A DEEP CYCLE LEAD-ACID BATTERY  
FOR MILITARY SERVICES

สมศักดิ์ มีนกร

อาจารย์, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา,  
1 ถนนอุทงนอก เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

Somsak Meenakorn

Lecturer, Faculty of Industrial Technology Suan Sunandha Rajaphat University,  
1 U-tongnok Rd. Dusit, Bangkok 10300, Thailand

บทคัดย่อ

แบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบการคายประจุสูง เป็นแบตเตอรี่ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ขึ้นอยู่กับค่าความจุและสภาพแวดล้อม ค่าความจุของแบตเตอรี่ขึ้นอยู่กับวัสดุผสม (Active materials) ที่ใช้ในแผ่นธาตุลบ (Negative active materials) วัสดุกระตุ้น (Expander) เป็นส่วนผสมที่สำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุผสม ซึ่งประกอบด้วยแบเรียมซัลเฟต โซเดียมลิทโทเนียมฟอสเฟตและคาร์บอนแบล็ค จากการศึกษาการพัฒนาแบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบการคายประจุสูงทำการทดสอบค่าความจุและโครงสร้างของวัสดุกระตุ้นจากการเตรียมขั้วตะกั่วโดยใช้เครื่องมือโวลแทมเมตรี (Cyclic voltammetry) เครื่องคายประจุ (High discharge rate tester) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission electron microscope) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope) ผลการศึกษาคาร์บอน 2 ชนิดที่แตกต่างกัน จากการจับกลุ่มโครงข่ายคาร์บอนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความจุและค่าความต้านทานต่อการเคลื่อนย้ายประจุ (Charge transfer resistance) ของวัสดุกระตุ้น ซึ่งค่าความจุที่สูงขึ้นและค่าความต้านทานต่อการเคลื่อนย้ายประจุที่ต่ำลงจากการเปรียบเทียบกับวัสดุกระตุ้นที่ใช้ตามท้องตลาดมาจากการเตรียมวัสดุกระตุ้น ซึ่งค่าความจุของแบตเตอรี่ที่ใช้ XE500-02 สามารถคายประจุได้มากกว่าจากการเปรียบเทียบกับวัสดุกระตุ้นที่ใช้ตามท้องตลาด ดังนั้นค่าความจุที่เพิ่มขึ้นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ผิวในแผ่นธาตุลบ

คำสำคัญ: แบตเตอรี่ตะกั่วกรด, การคายประจุสูง

## ABSTRACT

Deep cycle lead-acid battery is a rechargeable battery whose service life depends on their capacity and working environment. Battery capacity depends on active materials used as negative active materials. One major component that increases the performance of the active material is an expander which consists of barium sulfate, sodium lignosulfonate and carbon black. In this study, developments of a deep cycle lead-acid battery were investigated. Cyclic voltammetry, high discharge rate tester, transmission electron microscope and scanning electron microscope were used to investigate the capacity of the prepared negative electrode and to examine the structure of the expander. The results showed that the two different types of carbon black influenced the structure of carbon network in an expander and resulted in the change of the amount of charge and charge transfer resistance. All prepared expanders exhibited the higher amount of charge and lower charge transfer resistance than those of a commercial expander. The high discharge test shows that the capacity of a battery using XE500-02 higher than that using a commercial expander. The higher capacity is due to an increase of the surface area of negative active materials.

**KEYWORDS:** lead-acid battery, deep cycle

### 1. บทนำ

การพัฒนาแบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบการคายประจุสูง (Deep cycle) เกิดจากความต้องการของโรงงานแบตเตอรี่ทหาร สังกัดกรมการอุตสาหกรรมทหาร ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร สำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหมที่จะพัฒนาแบตเตอรี่ให้มีอายุการใช้งานนานขึ้น เพื่อตอบสนองภารกิจด้านความมั่นคงทางทหารจากการปฏิบัติงานในพื้นที่ห่างไกลจากโครงข่ายสายไฟฟ้า แบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นแบตเตอรี่ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย เช่น รถไฟ รถไฟฟ้า เรือ และสถานีติดตั้งไฟฟ้า อายุการใช้งานขึ้นอยู่กับค่าความจุของแบตเตอรี่ที่มีความสัมพันธ์กับส่วนผสมที่ใช้ในแผ่นธาตุลบ (Negative active materials) จากการวิเคราะห์ค่าความจุพลังงานต่อหน่วยของแบตเตอรี่ส่งผลมาจากวัสดุกระตุ้น (Expander) ซึ่งเป็นส่วนผสมหลักของแผ่นธาตุลบบัสมบัตินในการเพิ่มค่าความจุและจำนวนรอบอัตราการคายประจุต่อการใช้งานของแบตเตอรี่ [1]

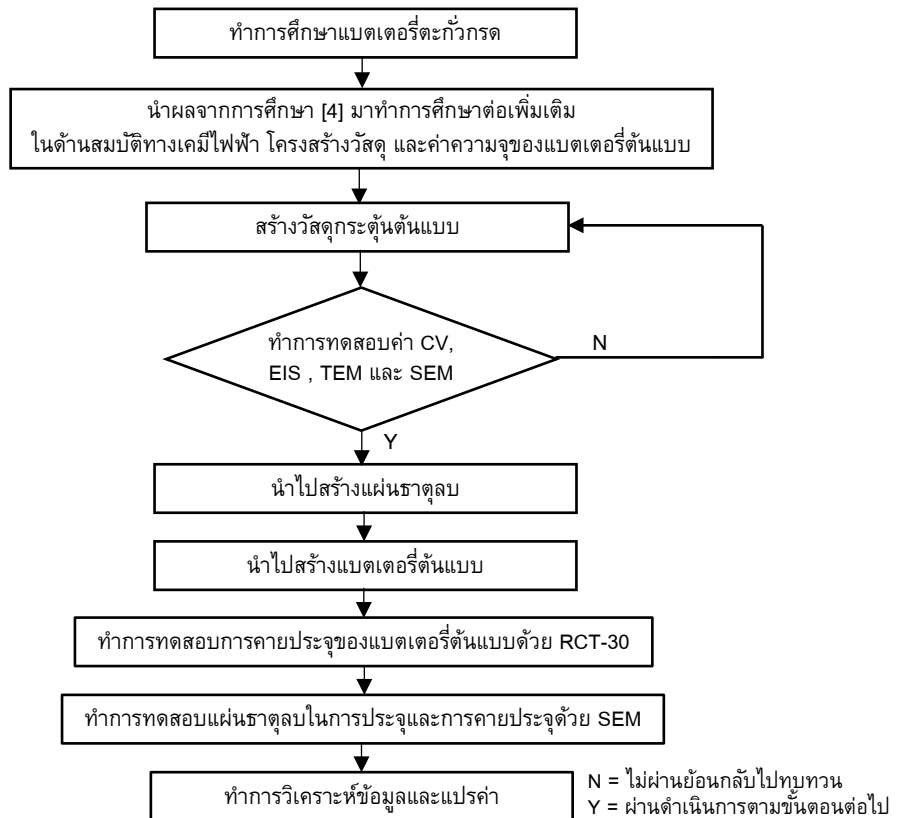
วัสดุกระตุ้นประกอบด้วย แบเรียมซัลเฟต (Barium sulfate) โซเดียมลิกโนซัลโฟเนต (Sodium lignosulfonate) และคาร์บอนแบล็ค (Carbon black) ซึ่งแบเรียมซัลเฟตมีสมบัติในการเพิ่มค่าความต้านทานต่อการกัดกร่อน ส่วนโซเดียมลิกโนซัลโฟเนตมีสมบัติในการเพิ่มพื้นที่ผิวและลดอุณหภูมิ

จากการใช้งาน [2] สำหรับคาร์บอนแบล็คจะทำหน้าที่ปรับปรุงสมบัติการนำไฟฟ้า ซึ่งในการผสมโซเดียมลิทโธเนียมฟอสเฟตกับคาร์บอนแบล็คควรผสมในอัตราส่วนที่เท่ากัน [3] สำหรับในการศึกษาครั้งนี้เป็นการนำผลที่ได้จากการศึกษาผลของคาร์บอนแบล็คและอัตราส่วนผสมของวัสดุกระตุ้นต่อค่าความจุ [4] นำผลมาทำการศึกษาต่อเพิ่มเติม โดยทำการศึกษาสมบัติทางเคมีไฟฟ้า โครงสร้างของวัสดุและประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ต้นแบบในด้านค่าความจุและจำนวนรอบจากการใช้งานเมื่อทำการเปรียบเทียบกับแบตเตอรี่ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันตามท้องตลาด ซึ่งนอกจากจะได้แบตเตอรี่ต้นแบบที่มีอายุการใช้งานและค่าความจุที่สูงขึ้นแล้วยังช่วยสนับสนุนภารกิจทางทหารด้านความมั่นคงและสามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืนตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

2. วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาแบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบการคายประจุสูงสำหรับภารกิจทางทหาร

3. วิธีการวิจัย



รูปที่ 1 การสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการวิจัย

### 3.1 การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์

การเตรียมวัสดุกระตุ้นประกอบด้วย แบเรียมซัลเฟต (Barium sulfate: B.S) โซเดียมลิกโนซัลโฟเนต (Sodium lignosulfonate: S.L) และคาร์บอนแบล็ค (Carbon black: C.B) ซึ่งคาร์บอนแบล็คที่นำมาใช้ ได้แก่ XE2B และ N220 ทำการผสมใหม่ด้วยเครื่องผสมวัสดุผงจากความเร็รรอบและระยะเวลาดังตารางที่ 1 [4] โดยใช้วัสดุกระตุ้น HE115 ที่ใช้ตามท้องตลาดนำมาใช้ในการเปรียบเทียบจากการผลิตแบตเตอรี่

ตารางที่ 1 การเตรียมส่วนผสมและเงื่อนไขในการผสมของวัสดุกระตุ้น

Batch Name	B.S. (%)	S.L. (%)	C.B.(%)		Speed (rpm)	Time (min.)
			XE2B	N220		
XE500-02	88	6	6	-	500	2
N220500-10	88	6	-	6	500	10
HE115	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

การเตรียมแผ่นธาตุลบประกอบด้วย ผงตะกั่ว 82.39% ไผ่ฝ้าย 0.03% กรดซัลฟูริก 6.87% วาสลิน 0.18% น้ำ 9.21% วัสดุกระตุ้น 1.32% และโครงกริด 4 แผ่น ทำการผสมด้วยเครื่องผสมวัสดุผสมด้วยความเร็รรอบ 80 รอบ/นาทีที่ระยะเวลา 45 นาทีแล้วนำวัสดุผสมมาฉาบลงบนโครงกริดเสร็จแล้วอบให้แห้งด้วยอุณหภูมิ 27 °C เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง จึงนำไปประกอบเป็นแบตเตอรี่

การเตรียมแบตเตอรี่ประกอบด้วย แผ่นธาตุบวก 3 แผ่น แผ่นธาตุลบ 4 แผ่น เปลือกหุ้มแบตเตอรี่ 1 ชุด แผ่นกั้น 6 แผ่น สะพานขั้ว 2 ชุด ขั้วแบตเตอรี่ 2 ชุด ฝาหุ้มแบตเตอรี่ 1 ชุด ปลอกสวมขั้วแบตเตอรี่ 2 ชุด และช่องใส่กรดซัลฟูริก 1 ชุด การประกอบหุ้มแบตเตอรี่โดยการนำแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบมาเรียงสลับกันและสอดแผ่นฉนวนกันระหว่างแผ่นทั้งสองชนิด ซึ่งแผ่นธาตุลบจะอยู่ที่ปลายทั้งสองเซลล์ ทำการประสานสะพานระหว่างเซลล์ แล้วประกอบลงเปลือกหุ้มแบตเตอรี่ ปิดฝาหุ้มแบตเตอรี่ ประกอบปลอกสวมขั้วแบตเตอรี่และช่องใส่กรดซัลฟูริก รอทำการทดสอบการประจุและการคายประจุของแบตเตอรี่ต่อไป

### 3.2 การเตรียมการทดสอบ

การทดสอบทางเคมีไฟฟ้าประกอบด้วย การทดสอบโวลแทมเมตรี (Cyclic voltammetry) โดยใช้เครื่อง Auto lab PGSTAT30 ในการทดสอบจะต้องจัดเตรียมตะกั่วให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ตารางเซนติเมตร การตั้งเครื่องจะต้องตั้งค่าให้อยู่ในช่วง -0.30 ถึง -0.90V อัตราการสแกนอยู่ที่

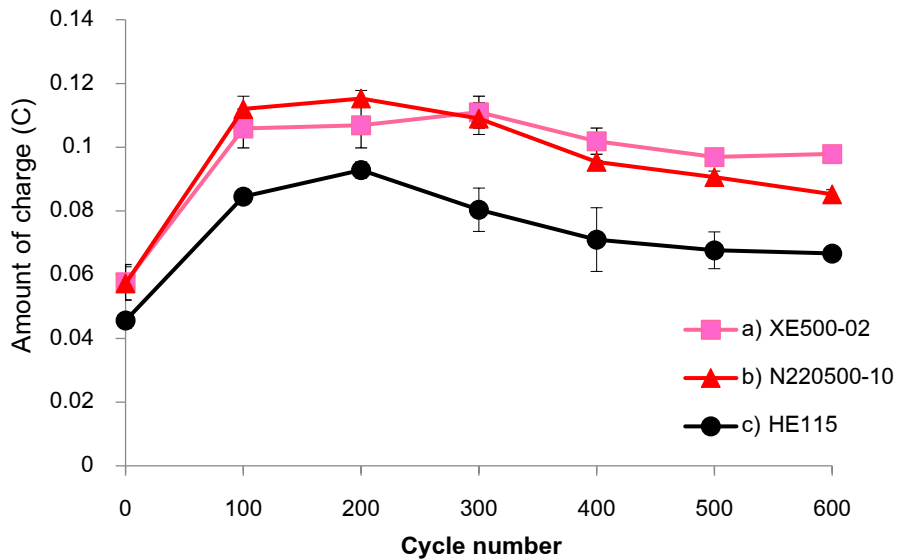
20 mV/s ใช้กรดซัลฟูริก  $1.25 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  โดยการเตรียมวัสดุกระตุ้นให้มีความเข้มข้น 20 ppm ส่วน การทดสอบอิมพีแดนซ์ (Electrochemical impedance spectroscopy) โดยใช้เครื่อง Auto lab PGSTAT30 การจัดเตรียมตัวอย่างการทดสอบเหมือนกับการทดสอบโวลแทมเมตรี ส่วนการตั้ง เครื่องจะต้องตั้งค่าให้อยู่ในช่วง  $10^4\text{-}10^{-1} \text{ Hz}$

การทดสอบทางโลหะวิทยาโครงสร้างของวัสดุประกอบด้วย การทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission electron microscope) โดยใช้เครื่อง JEOL JEM-2010 ทำการทดสอบองค์ประกอบของคาร์บอนแบล็คในวัสดุกระตุ้น ส่วนการทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope) โดยใช้เครื่อง FEI Nova Nano SEM 450 ทำการทดสอบอนุภาคของคาร์บอนในวัสดุกระตุ้น และโครงสร้างของแผ่นธาตุลบ

การทดสอบประสิทธิภาพค่าความจุของแบตเตอรี่จากการใช้วัสดุกระตุ้นที่แตกต่างกัน โดยใช้ เครื่อง Digatron model RCT-30 ทำการทดสอบการคายประจุของแบตเตอรี่ ซึ่งต้องทำตามเงื่อนไข การทดสอบประกอบด้วย ค่าความจุของพลังงาน 165 Ah /5 HR และแรงดันไฟฟ้าสุดท้ายในการ จ่ายไฟ 1.70 V/Cell

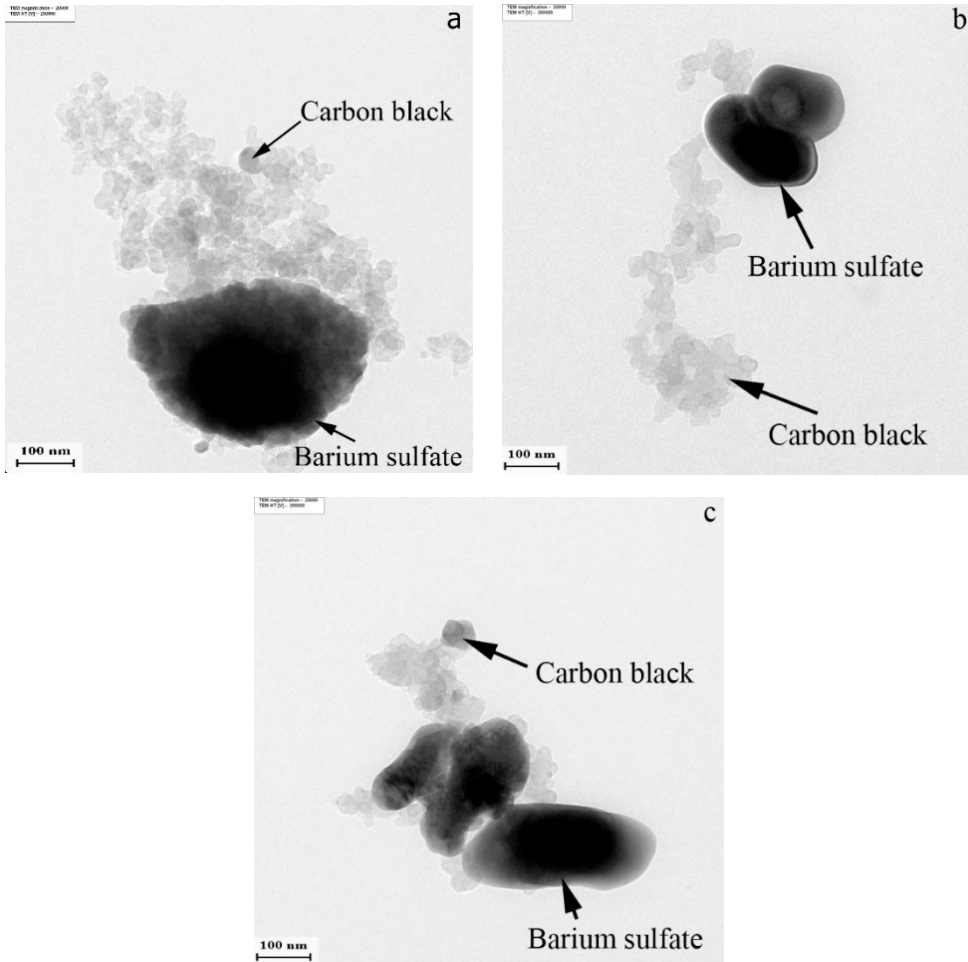
#### 4. ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาเดิมในการศึกษาผลของคาร์บอนแบล็คและอัตราส่วนผสมของวัสดุกระตุ้น ต่อค่าความจุ [4] พบว่าการผสมคาร์บอนแบล็คด้วยความเร็วรอบและระยะเวลาที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อค่าความจุของวัสดุกระตุ้นที่แตกต่างกัน จากการค้นพบดังกล่าวทางผู้วิจัย จึงนำผลมา ทำการศึกษาต่อเพิ่มเติม โดยทำการศึกษาสมบัติทางเคมีไฟฟ้า โครงสร้างของวัสดุและ ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ต้นแบบในด้านค่าความจุและจำนวนรอบจากการใช้งาน เมื่อทำการ เปรียบเทียบกับแบตเตอรี่ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันตามท้องตลาด โดยทางผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโวลแทมเมตรี (CV) วัสดุกระตุ้นที่แตกต่างกันของ XE500-02 และ N220500-10 จากตัวอย่างที่ได้ ทำการผสมวัสดุกระตุ้นขึ้นมาใหม่ด้วยเครื่องผสมวัสดุผงจากความเร็วรอบและระยะเวลาดัง ตารางที่ 1 แล้วทำการทดสอบวัสดุกระตุ้นตัวอย่างละ 3 รอบ พบว่าวัสดุกระตุ้นของ XE500-02 และ N220500-10 มีค่าความจุที่ใกล้เคียงกันและให้ค่าความจุที่มากกว่าจากการเปรียบเทียบกับ HE115 อย่างไรก็ตามค่าความจุของ XE500-02 จะสูงมากกว่าจากการเปรียบเทียบกับ N220500-10 หลังจาก 300 รอบ ซึ่งวัสดุกระตุ้นที่แตกต่างกันจะให้ค่าความจุสูงสุดแล้วค่อยๆ ลดลงหลังจาก 300 รอบดังรูปที่ 2



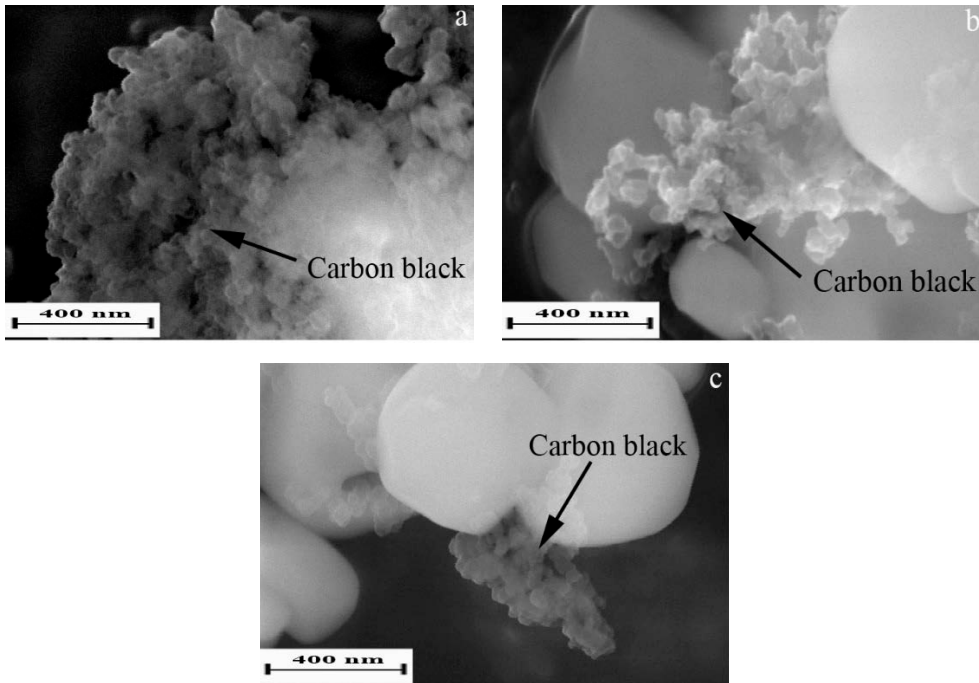
รูปที่ 2 ค่าความจุของวัสดุกระตุ้นของ a) XE500-02, b) N220500-10 และ c) HE115

จากการทดสอบโวลแทมเมตรี (CV) วัสดุกระตุ้นของ XE500-02 และ N220500-10 จะมีค่าความจุมากกว่าจากการเปรียบเทียบกับ HE115 ซึ่งสามารถอธิบายได้จากโครงสร้างของวัสดุกระตุ้นดังรูปที่ 3 จากการทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) พบว่า สีดำ เป็นแบเรียมซัลเฟต กลุ่มสีเทาเป็นคาร์บอนแบล็คและกลุ่มสีเทาบางๆ เป็นโซเดียมลิทียมโพลีฟอสเฟต ซึ่งในการจับกันเป็นกลุ่มมีขนาดแตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจับกลุ่มของ XE500-02 และ N220500-10 จะมีโครงข่ายกิ่งก้านมากกว่าจากการเปรียบเทียบกับ HE115

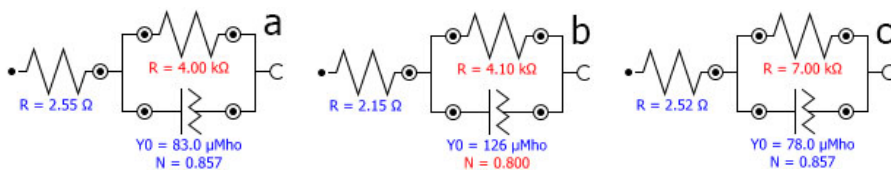
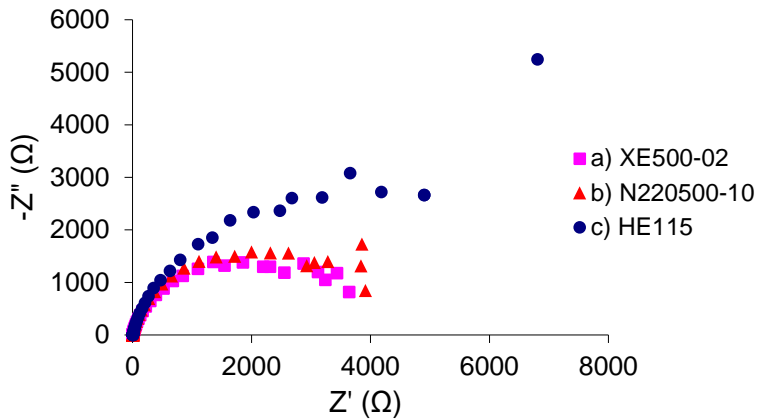


รูปที่ 3 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) ของ a) XE500-02, b) N220500-10 และ c) HE115

ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบดังรูปที่ 4 (a) และ 4 (b) จากการทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ของ XE500-02 และ N220500-10 ตามลำดับ พบว่าการจับกลุ่มของโครงข่ายกิ่งก้านนั้นเป็นโครงข่ายการจับกลุ่มของอนุภาคคาร์บอนที่มีขนาดแตกต่างกันของวัสดุกระตุ้น ซึ่งโครงข่ายคาร์บอนของ XE500-02 จะครอบคลุมอยู่บนแบเรียมซัลเฟต จากการครอบคลุมอยู่บนแบเรียมซัลเฟตของ XE500-02 ส่งผลทำให้มีพื้นที่ขนาดใหญ่กว่าจากการเปรียบเทียบกับ HE115 จึงส่งผลต่อค่าความจุวัสดุกระตุ้นของ XE500-02 จากการเปรียบเทียบกับ HE115



รูปที่ 4 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ของ a) XE500-02, b) N220500-10 และ c) HE115

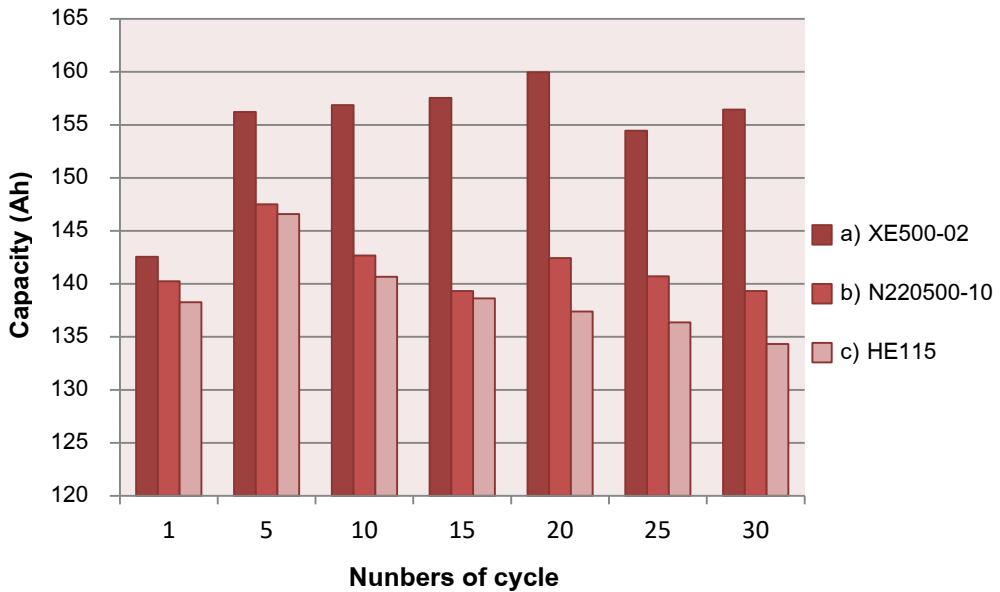


รูปที่ 5 ค่าความต้านทานวัสดุกระตุ้นของ a) XE500-02, b) N220500-10 และ c) HE115

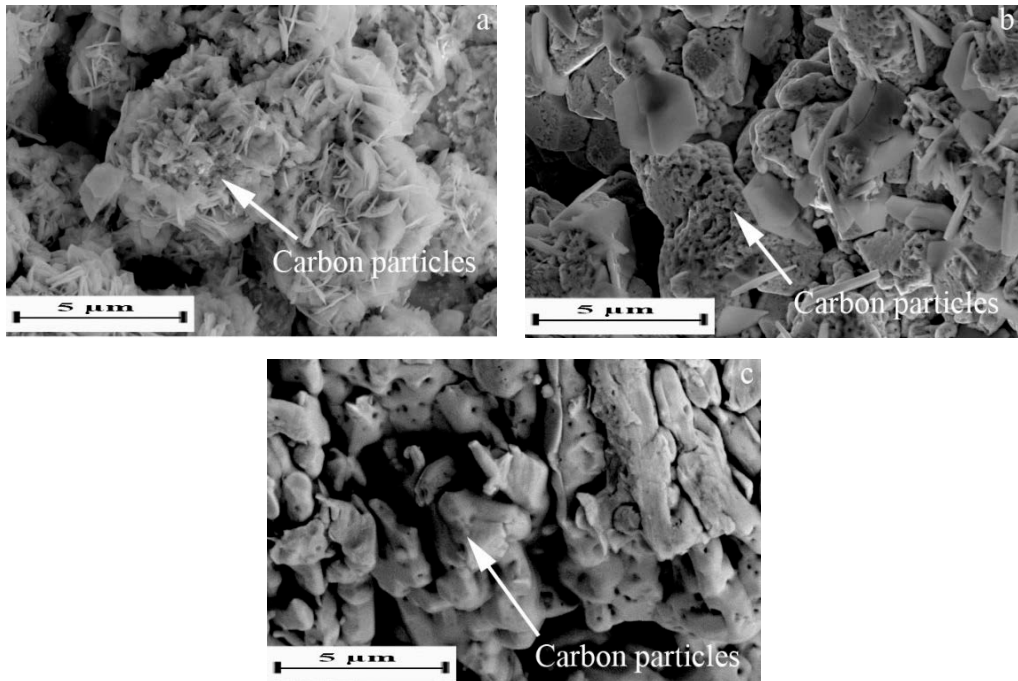


จากรูปที่ 5 ค่าความต้านทานของขั้วตะกั่วในการใช้วัสดุกระตุ้นแตกต่างกัน จากการทดสอบค่าอิมพีแดน (EIS) ของ XE500-02 และ N220500-10 จะมีค่าความต้านทานเท่ากับ 4000 และ 4100 โอห์มและค่าความต้านทานของสารละลายเท่ากับ 2.55 และ 2.15 โอห์มตามลำดับจากการเปรียบเทียบกับ HE115 จะมีค่าความต้านทานเท่ากับ 7000 โอห์มและค่าความต้านทานของสารละลายเท่ากับ 2.52 โอห์ม พบว่าส่วนโค้งของเส้นผ่านศูนย์กลางจะเป็นตัวบ่งบอกความสามารถในการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนบนพื้นผิวของขั้วตะกั่วจากสารละลายวัสดุกระตุ้น

การทดสอบประสิทธิภาพค่าความจุของแบตเตอรี่จากการใช้วัสดุกระตุ้นแตกต่างกัน พบว่า ค่าความจุของแบตเตอรี่จากการใช้วัสดุกระตุ้นของ XE500-02 จะให้ค่าความจุสูงมากกว่าจากการเปรียบเทียบกับ HE115 ดังรูปที่ 6 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบโวลแทมเมตรี (CV) ค่าความจุของ XE500-02 จะค่อยๆ สูงขึ้นจากการเปรียบเทียบกับ N220500-10 หลังจาก 30 รอบดังรูปที่ 2 จากผลการทดสอบโครงสร้างวัสดุด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ของแผ่นธาตุลบ พบว่าค่าความจุของแบตเตอรี่ที่เพิ่มขึ้นเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของแผ่นธาตุลบจากส่วนผสมของวัสดุกระตุ้นแตกต่างกันดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 ผลของวัสดุกระตุ้นต่อค่าความจุของแบตเตอรี่จำนวน 30 รอบ



รูปที่ 7 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ของแผ่นธาตุลบจากการประจุและการคายประจุจำนวน 30 รอบของ a) XE500-02, b) N220500-10 และ c) HE115

## 5. อภิปรายผลและสรุปผล

จากการทดสอบโวลแทมเมตรี (CV) ของวัสดุกระตุ้นที่ทำการผสมใหม่จะให้ค่าความจุสูงขึ้นของ XE500-02 และ N220500-10 จากการเปรียบเทียบกับ HE115 ซึ่งสามารถอธิบายได้จากโครงสร้างของวัสดุกระตุ้นในรูปที่ 3 พบว่าโครงสร้างของวัสดุมีการจับกันเป็นกลุ่ม ซึ่งโซเดียมลิทโธเนียมไอออนจะปฏิสัมพันธ์กับคาร์บอนแบล็คจับกันเป็นกลุ่ม เรียกว่ากลุ่มคาร์บอน-โซเดียมลิทโธเนียมไอออน โครงสร้างของ HE115 จะมีโครงสร้างการจับกลุ่มคาร์บอน-โซเดียมลิทโธเนียมไอออนที่เล็กกว่าจากการเปรียบเทียบกับ XE500-02 และ N220500-10 ซึ่งจากการจับกลุ่มคาร์บอน-โซเดียมลิทโธเนียมไอออนที่มีขนาดใหญ่และพื้นที่ที่มากกว่า จะส่งผลทำให้สามารถจัดเก็บค่าความจุได้ดีกว่า ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 4 (a) และ 4 (b) การจับกลุ่มโครงข่ายคาร์บอนของ XE500-02 จะครอบคลุมอยู่บนแบเรียมซิลิเกตส่งผลทำให้มีพื้นที่ขนาดใหญ่กว่าจากการเปรียบเทียบกับ HE115 ซึ่งโครงข่ายคาร์บอนจะเพิ่มสมบัติในการนำไฟฟ้าและลดการเกิดตะกั่วซิลิเกตระหว่างการประจุที่ขั้วตะกั่ว [5-7] จากการทดสอบการหาค่าความต้านทานของขั้วตะกั่วในรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าค่าความต้านทานต่อการเคลื่อนย้ายประจุ (Charge transfer resistance) ที่ต่ำลงส่งผลมาจากความสามารถในการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนบนพื้นผิวของขั้วตะกั่วที่สูงมากขึ้นเกิดจากการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนระหว่างพื้นผิวหน้าทั้งสองของสารละลายตัวนำไฟฟ้าที่แตกตัวเป็นไอออนจะทำการดูดซับอยู่บน

พื้นที่ผิวของขั้วตะกั่วส่งผลทำให้การเกิดตะกั่วซัลเฟตลดลง [8-11] ดังนั้นโครงข่ายการนำไฟฟ้าของคาร์บอนจะส่งผลทำให้ค่าความจุของขั้วตะกั่วสูงมากขึ้น

การทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ จากผลของแผ่นธาตุลบต่อค่าความจุของแบตเตอรี่ที่ใช้ส่วนผสมของวัสดุกระตุ้นแตกต่างกันให้ค่าความจุของแบตเตอรี่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถอธิบายได้จากโครงสร้างของแผ่นธาตุลบจากรูปที่ 6 และรูปที่ 7 การทดสอบค่าความจุของแบตเตอรี่ พบว่าค่าความจุของแบตเตอรี่จากการใช้วัสดุกระตุ้นของ XE500-02 จะให้ค่าความจุสูงมากกว่าจากการเปรียบเทียบกับ HE115 ค่าความจุของแบตเตอรี่ที่เพิ่มขึ้นนั้นเป็นการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ผิวของแผ่นธาตุลบ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบในรูปที่ 7 (a) และ 7 (b) จากรูปร่างลักษณะจะบ่งบอกถึงโครงข่ายการจับกลุ่มของอนุภาคคาร์บอนบนแผ่นธาตุลบ ส่งผลทำให้กระบวนการทางปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าสูงขึ้น ผลมาจากโครงข่ายการจับกลุ่มของอนุภาคคาร์บอนขนาดใหญ่ของ XE500-02 มีการกระจายตัวอยู่บนพื้นที่ผิวของแผ่นธาตุลบ ผลที่ตามมาทำให้พื้นที่ผิวของแผ่นธาตุลบเพิ่มขึ้นจากการเปรียบเทียบกับ HE115 ดังนั้นค่าความจุของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นเมื่อใช้วัสดุกระตุ้นที่มีส่วนผสมของ XE500-02

จากผลการศึกษาเดิมในการศึกษาผลของคาร์บอนแบล็คและอัตราส่วนผสมของวัสดุกระตุ้นต่อค่าความจุ [4] พบว่าการผสมคาร์บอนแบล็คด้วยความเร็วรอบและระยะเวลาที่แตกต่างกันส่งผลต่อค่าความจุของวัสดุกระตุ้นที่ต่างกัน จากการค้นพบดังกล่าวทางผู้วิจัย จึงนำผลมาทำการศึกษาต่อเพิ่มเติม โดยทำการศึกษาสมบัติทางเคมีไฟฟ้า โครงสร้างของวัสดุและประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ต้นแบบในด้านค่าความจุและจำนวนรอบจากการใช้งาน เมื่อทำการเปรียบเทียบกับแบตเตอรี่ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันตามท้องตลาด สำหรับการพัฒนาแบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบการคายประจุสูงสำหรับภารกิจทางทหารนั้น ผลจากการศึกษาสมบัติทางเคมีไฟฟ้า โครงสร้างของวัสดุกระตุ้น ค่าความจุและค่าความต้านทานของแบตเตอรี่ต้นแบบ พบว่าการจับกลุ่มโครงข่ายคาร์บอนของวัสดุกระตุ้นส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความจุและค่าความต้านทานต่อการเคลื่อนย้ายประจุอย่างไรก็ตามการเตรียมวัสดุกระตุ้นจากการใช้งานของ XE500-02 และ N220500-10 ในส่วนผสมของแผ่นธาตุลบจะให้ค่าความจุของแบตเตอรี่สูงกว่าจากการเปรียบเทียบกับ HE115 ที่มีการใช้งานตามท้องตลาด โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงข่ายคาร์บอนของวัสดุกระตุ้นจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ผิวในแผ่นธาตุลบทำให้สามารถจัดเก็บประจุได้มากขึ้น ดังนั้นค่าความจุของแบตเตอรี่ที่เพิ่มขึ้นผลมาจากการเพิ่มพื้นที่ผิวในแผ่นธาตุลบจากการใช้วัสดุกระตุ้นของ XE500-02

## กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโรงงานแบตเตอรี่ทหาร สังกัดกรมการอุตสาหกรรมทหาร ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร สำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Francia C, Maja M, Spinelli P. Electrochemical characterization of expander materials. *J Power S* 2001;95:119-124.
- [2] Boden DP. Comparison of methods for adding expander to lead-acid battery plates-advantages and disadvantages. *J Power S* 2004;133:47-51.
- [3] Boden DP. Selection of pre-blended expander for optimum lead-acid battery performance. *J Power S* 1998;73:89-92.
- [4] Meenakorn S, Termsuksawad P, Phiboomkulsumrit S, Chailapakul O. Effects of carbon black and mixing parameters on capacity of expander. *Proceeding of Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON2010)*; 2010 Jan 21-23; Ubonratchathani, Thailand. p. 679-682.
- [5] Moseley PT, Nelson RF, Hollenkamp AF. The role of carbon in valve-regulated lead-acid battery technology. *J Power S* 2006;157:3-10.
- [6] Shiomi M, Funato T, Nakamura K, Takahashi K, Tsubota M. Effects of carbon in negative plates on cycle-life performance of valve-regulated lead/acid batteries. *J Power S* 1997;64:147-152.
- [7] Nakamura K, Shiomi M, Takahashi K, Tsubota M. Failure modes of valve-regulated lead/acid batteries. *J Power S* 1996;59:153-157.
- [8] Brennan MPJ, Hampson NA. Expander action in the lead-acid battery: I. Effects upon the mechanism of the oxidation process. *J Electroanal Chem* 1973;48: 465-474.
- [9] Brennan MPJ, Hampson NA. Expander action in the lead-acid battery: II. The inhibition of nucleation processes. *J Electroanal Chem* 1974;52:1-10.
- [10] Archdale G, Harrison JA. The electrochemical dissolution of Pb to form  $PbSO_4$  by a solution-precipitation mechanism. *J Electroanal Chem* 1972;34:21-26.
- [11] Archdale G, Harrison JA. The anodic dissolution of Pb in  $H_2SO_4$ . *J Electroanal Chem* 1972;39:357-366.

### ประวัติผู้เขียนบทความ



**สมศักดิ์ มีนคร** ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์และอาจารย์ประจำสาขาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา 2012 ถนนอุทองนอก แขวงดุสิต เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300 เบอร์โทร 097-2134114: E-mail: Somsak\_me@hotmail.com  
งานวิจัยที่สนใจ: การวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับแบตเตอรี่ที่มีอายุการใช้งานที่นานขึ้น อาทิเช่น แบตเตอรี่ตะกั่วกรด แบตเตอรี่อัลคาไลต์ แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน และการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับพลังงานที่นำมาทดแทน